

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-013217

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

H03L 7/00

(21)Application number : 10-173187

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 19.06.1998

(72)Inventor : NAGANO MASAMICHI
SAI CHIYOSHIN

(54) SYNCHRONIZATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a synchronization system which automatically actualizes the synchronizing phenomenon of respective oscillation systems and spontaneously tunes the whole system by providing the plural oscillation systems which can prescribe the operation of a specific system, coupling each oscillation system with at least one oscillation other than itself with a coupling factor, and prescribing all the whole oscillation systems in a specific state.

SOLUTION: The oscillation systems whose operations are prescribed by a van der Pol equation I are provided. Each oscillation system is coupled with another oscillation system other than itself with a coupling factor and all of plural oscillation systems are prescribed by an equation II or III. In the equations, (x) is a variable, (t) is time, and ϵ is a parameter. Here, g_{ji} is the same coupling factor as the oscillation systems. This synchronization system spontaneously vibrates at its natural vibration frequency on the whole, so the synchronizing phenomenon of the respective oscillation systems can automatically be actualized.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.06.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3216603

[Date of registration] 03.08.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-13217

(P2000-13217A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 3 L 7/00

識別記号

F I

H 0 3 L 7/00

テーマコード (参考)

B 5 J 0 6 0

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-173187

(22) 出願日 平成10年6月19日 (1998.6.19)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 長野 正道

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 蔡 兆伸

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100080816

弁理士 加藤 朝道

Fターム (参考) 5J060 AA01 AA03 BB01 CC02 KK00

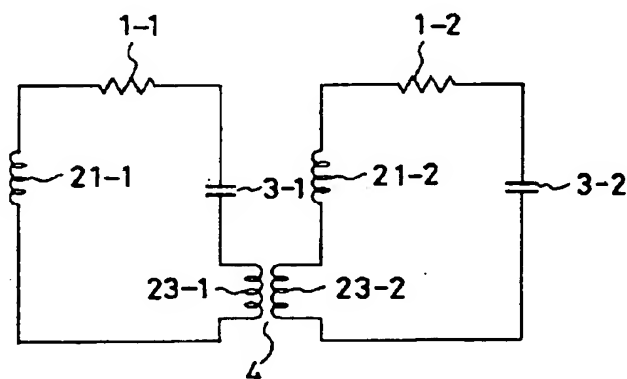
KK37

(54) 【発明の名称】 同期システム

(57) 【要約】

【課題】従来の強制的同期調整方法から開放し、回路要素パラメータの不均一性、部分的損傷などに対する、自発的クロック信号の高ロバスト性が実現できる同期システムの提供。

【解決手段】ファンデルポール方程式でそれぞれが記述できる複数の発振システムにおいて、各発振システムが自分自身以外の少なくとも一つの発振システムと互いに結合因子で結合しており、各発振システムの同期現象を自動的に実現でき、全体システムを自発的に同調させることができる。



【特許請求の範囲】

式

【請求項 1】ファンデルポール (van der Pol) 方程

$$d^2x_j/dt^2 - \varepsilon(1 - x_j^2)dx_j/dt + x_j = 0 \quad \dots (1)$$

(但し、 x は変量、 t は時間、 ε はパラメータである)
でシステムの動作が規定される発振システムを複数備えた構成とし、

前記各発振システムが自システム以外の少なくとも一つの他の発振システムと互いに結合因子で結合し、複数の発振システム全体が、

$$d^2x_j/dt^2 - \varepsilon(1 - x_j^2)dx_j/dt + x_j = \sum_i g_{ji} d^2x_i/dt^2 \quad \dots (2)$$

又は、

$$\begin{aligned} d^2x_j/dt^2 - \varepsilon(1 - X_j^2)dx_j/dt + X_j &= 0 \\ X_j &= x_j + \sum_i g_{ji} x_i \end{aligned} \quad \dots (3)$$

(但し、 g_{j1} は発振システム j と同一の結合因子) で規定される、

ことを特徴とする同期システム。

【請求項 2】前記発振システムが電気回路よりなる、ことを特徴とする請求項 1 記載の同期システム。

【請求項 3】前記電気回路が、実質的に、負性抵抗成分、キャパシタンス成分、およびインダクタンス成分を含んで構成されてなる、ことを特徴とする請求項 2 記載の同期システム。

【請求項 4】前記結合因子 g が、 $1 > g_{ii} \geq g_{ij}$ ($i \neq$

$$g_{11} = g_{22} = g_{12} = g_{21} = m/(L_0 + 1 + m) < 1 \quad \dots (4)$$

$$\varepsilon = r_0 \sqrt{C_0/(L_0 + 1 + m)} > 0.1 \quad \dots (5)$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の同期システム。

【請求項 7】前記発振システムを三個以上アレイ状に配置し、互いに隣接する発振システムが負の相互インダクタンスによって結合され、

アレイ周辺で一側に隣接発振システムが存在しない発振システムでは、それぞれの自己インダクタンスが調整され、前記複数の発振システム内の電流値モードが等しくされる、ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の同期システム。

【請求項 8】三個以上の発振システムをアレイ状に配置

$$L_1 = L_0 + 1 \quad \dots (6)$$

$$g_{11} = g_{22} = g_{33} = g_{12} = g_{23} = m/(L_0 + 2l + m) \quad \dots (7)$$

$$g_{31} = 0 \quad \dots (7)$$

$$\varepsilon = r_0 \sqrt{C_0/(L_0 + 2l + m)} \quad \dots (8)$$

を満たすことを特徴とする請求項 7 記載の同期システム。

【請求項 10】発振システム三個で構成され、互いに負

$$g_{11} = g_{22} = g_{33} = g_{12} = g_{23} = g_{31} = m/(L_0 + 2l + m) \quad \dots (9)$$

$$\varepsilon = r_0 \sqrt{C_0/(L_0 + 2l + m)} \quad \dots (10)$$

を満たすことを特徴とする請求項 8 記載の同期システム。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は、同期システムに関し、特に、複数の発振システムが同期して振動するシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、多くの人工システムにおいて、情報処理やその動作は、いわゆるクロック信号に同調した時間的ステップに従って行われている。システムが大規模化、分散化、ネットワーク化するに従い、全体システムが複数のサブシステムの集合によって構成され、これらサブシステム間の同期技術の重要性が増している。

【0003】同期技術が重要な分野として、集積回路（システムオンチップ）、通信系（インターネットも含む）、電力系、並列処理系、マイクロ波発振系など、実用化分野は多岐にわたるが、原理的には、サブシステム間の同期技術として共通な技術と捉える事ができる。

【0004】例えば、大規模集積回路では、文献（1996 IEEE ISSCC Proc. (IEEE 1996)p.130）に記載されるように、チップ内に位相同期回路（Phase Locked Loop; PLL）や遅延同期回路（Delay Locked Loop; DLL）を組み込んで、外部クロックにサブ回路群の同期がとれるようにクロックを分配している。

$$d^2x_j/dt^2 - \varepsilon(1 - x_j^2)dx_j/dt + x_j = 0$$

（但し x は変量、 t は時間、 ε はパラメータである）でシステムの動作が規定される発振システムを複数備えた構成とし、前記各発振システムが自システム以外の少な

$$d^2x_j/dt^2 - \varepsilon(1 - x_j^2)dx_j/dt + x_j = \sum_i g_{ji} d^2x_i/dt^2 \quad \dots (2)$$

又は

$$\begin{aligned} d^2x_j/dt^2 - \theta(1 - X_j^2)dx_j/dt + X_j &= 0 \\ X_j &= x_j + \sum_i g_{ji}x_i \end{aligned} \quad \dots (3)$$

（但し、 g_{ji} は発振システム j と同一の結合因子）で規定される。

【0008】本発明は、前記発振システムが電気回路よりなり、実質的に、負性抵抗成分、キャパシタンス成

$$d^2x_j/dt^2 - \varepsilon(1 - x_j^2)dx_j/dt + x_j = 0 \quad \dots (1)$$

でシステムの動作がそれぞれ記述できる複数の発振システムにおいて、各発振システムが自分自身以外の少なく

$$d^2x_j/dt^2 - \varepsilon(1 - x_j^2)dx_j/dt + x_j = \sum_i g_{ji} d^2x_i/dt^2 \quad \dots (2)$$

又は、

$$\begin{aligned} d^2x_j/dt^2 - \theta(1 - X_j^2)dx_j/dt + X_j &= 0 \\ X_j &= x_j + \sum_i g_{ji}x_i \end{aligned} \quad \dots (3)$$

で記述される。発振システムは電気回路よりなり、電気回路は、実質的に負性抵抗成分、キャパシタンス成分、およびインダクタンス成分を有する。

【0010】結合因子（ g ）は、

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、集積回路が大規模化し、処理速度すなわちクロック周波数が高速化するにつれて、クロック分配と位相同期設計技術は益々困難性を増している。すなわち、広領域で微細高密度構造に高品質の高速のパルス信号を配信する際に、消費エネルギーの増大、信頼性の低下（例えば、信号値、タイミング、周波数マージンなどの低下）、同期回路の複雑化によるオーバーヘッド、及び大規模化による設計の困難化などが大きな課題となっている。これらは上述した様々な分野で共通な課題である。

【0006】したがって、本発明は、上記技術的課題の認識に基づき創案されたものであって、その目的は、サブシステム間の同期を形成する場合において、各発振システムの同期現象を自動的に実現でき、全体システムを自発的に同調させることを可能とした同期システムを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明は、van der Pol（ファンデルポール）方程式

$$\dots (1)$$

くとも一つの他の発振システムと互いに結合因子で結合し、複数の発振システム全体が、

$$\dots (2)$$

分、およびインダクタンス成分を含んで構成される。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について以下に説明する。本発明は、van der Pol方程式

$$\dots (1)$$

とも一つの発振システムと互いに結合因子（ g ）で結合し、複数の発振システム全体が、

$$\dots (2)$$

$$1 > g_{ii} \geq g_{ij} \quad (i \neq j)$$

を満たし、パラメータ ε がを満たし、抵抗成分、キャパシタンス成分、インダクタンス成分をそれぞれ含む発振システム二個で構成され、それらが負の相互インダクタ

5

6

ンス（-m）によって結合し、その結合因子（g）、お

よびパラメータがそれぞれの条件、

$$g_{11} = g_{22} = g_{12} = g_{21} = m / (L_0 + l + m) < 1$$

・・・ (4)

$$\varepsilon = r_0 \sqrt{C_0 / (L_0 + l + m)} > 0.1$$

・・・ (5)

を満たす。

【0011】また、本発明の実施の形態においては、三
個以上複数の発振システムをアレイ状に配置し、互いに
隣接する発振システムが負の相互インダクタンスによっ
て結合し、アレイ周辺で一側に隣接発振システムがない
場合には各行、および各列をループ状に結合するように
構成してもよい。

【0012】あるいは、三個以上複数の発振システムを
アレイ状に配置し、互いに隣接する発振システムが負の

$$L_1 = L_0 + l$$

$$g_{11} = g_{22} = g_{33} = g_{12} = g_{23} = m / (L_0 + 2l + m)$$

$$g_{31} = 0$$

・・・ (6)

・・・ (7)

$$\varepsilon = r_0 \sqrt{C_0 / (L_0 + 2l + m)}$$

・・・ (8)

を満たす。

【0014】本発明の実施の形態においては、発振シス
テム三個で構成され、互いに負の相互インダクタンス

$$g_{11} = g_{22} = g_{33} = g_{12} = g_{23} = g_{31} = m / (L_0 + 2l + m)$$

・・・ (9)

$$\varepsilon = r_0 \sqrt{C_0 / (L_0 + 2l + m)}$$

・・・ (10)

を満たす。

【0015】本発明による同期システムでは、自発的に
全体システムがその固有振動数で振動するので、各発振
システム間の同期現象を自動的に実現することができ、
従来の強制的同期調整方法から解放される。すなわち、
例えば集積回路の例で示せば、オンチップでのクロック
信号発生、回路要素パラメータの不均一性、回路要素の
部分的損傷等に対して、高ロバスト性（Robustness）を
有する自発的クロック信号による同期システムが実現で
きる。

$$L_0 \frac{dI_j}{dt} + R(I_j)I_j + \frac{Q_j}{C_0} = 0$$

・・・ (11)

【0018】更に時間 t で微分すると次式（12）とな
る。

$$L_0 \frac{d^2 I_j}{dt^2} + \left(R(I_j) + \frac{dR(I_j)}{dI_j} I_j \right) \frac{dI_j}{dt} + \frac{I_j}{C_0} = 0$$

・・・ (12)

【0020】ここで負性抵抗 R（I_j）として次式（1
3）

$$R(I_j) = -r_0 + r_2 I_j^2, \quad r_0, \quad r_2 > 0$$

・・・ (13)

【0022】を採用し、次のような変数変換

相互インダクタンスによって結合し、アレイ周辺で片側
に隣接発振システムがない発振システムではそれぞれの
自己インダクタンスを調整し、全て、個々の発振システ
ム内の電流値が等しくなるように調整する。

【0013】例えば、発振システム三個で構成され、異
なったインダクタンスを有するシステムがそれぞれ負の
相互インダクタンス（-m）によって結合し、その結合
因子（g）、およびパラメータがそれぞれの条件、

・・・ (6)

・・・ (7)

・・・ (8)

（-m）によって結合し、その結合因子（g）、および
パラメータがそれぞれの条件、

20

【0016】本発明の実施の形態について図面を参照し
て説明する。回路 j は、図 8 に示すように負性抵抗 R

（I_j）1 とコンデンサ（キャパシタンス C₀）3 とコイ
ル（インダクタンス L₀）2 1 からなる発振回路を構成
するものとする。ここで I_j は、回路 j を流れる電流であ
る。すると、キルヒホフ（Kirchhoff）のループ方程式
は、コンデンサ 3 の電荷 Q_j を用いて次式（11）とな
る。

【0017】

【0019】

【0021】

【0023】

$$\begin{aligned}\varepsilon &= r_0 \sqrt{C_0/L_0} \\ I_j &= \sqrt{r_0/3r_2} x_j \\ l &= \sqrt{L_0 C_0} \zeta \\ \zeta &\rightarrow 1\end{aligned}$$

... (14)

【0024】を行なうと、次式(15)に示す著名なvan der Pol方程式となる。

$$d^2 x_j / dt^2 - \varepsilon(1 - x_j^2) dx_j / dt + x_j = 0$$

【0025】

... (15)

【0026】そしてこの振動回路の基準振動数 ω_0 は次式(16)である。

$$\omega_0 = 1/\sqrt{L_0 C_0}$$

... (16)

【0027】我々は鋭意研究した結果、

$$d^2 x_j / dt^2 - \varepsilon(1 - x_j^2) dx_j / dt + x_j = \sum_i g_{ji} d^2 x_i / dt^2$$

【0028】

... (17)

【0029】又は、

$$\begin{aligned}d^2 x_j / dt^2 - \varepsilon(1 - X_j^2) dx_j / dt + X_j &= 0 \\ X_j &= x_j + \sum_i g_{ji} x_i\end{aligned}$$

【0030】

... (18)

【0031】が連結したvan der Pol方程式に対する同期化方程式となる、ということを発見した。ここで g_{jl} は回路 j と回路 l の結合因子である。そして同期を実現するための十分条件は、

(条件1) $1 > g_{ii} \geq g_{ij} (i \neq j)$

(条件2) $\varepsilon > 0, 1$

である。

【0032】同期化方程式では全ての回路を g_{ij} で連結するとしている。

【0033】この条件を緩めて隣り合う回路だけの連結に変更してもよい。しかし、以下の実施例に示すように、同期が実現したものと同定した状態では、各回路を流れる電流値が同じになるような補正が必要となる。

【0034】上式(13)の負性抵抗では、電流の一次の項を除いてあるが、これは必ずしも必要ではない。ここで必要な条件は、電流値が小さい場合には負の抵抗値を、電流値が大きい場合には正の抵抗値を持ち、リミットサイクルが形成されている、ということだけである。これに伴ない、上式(17) - (18)で負性抵抗の項が自動的に変更される。

【0035】

【実施例】本発明の実施例について図面を参照して以下に説明する。

【0036】【実施例1】図1に示すように、2個の発振回路を相互インダクタンスが負となる相互誘導コイル23-1、23-2で連結させると、回路方程式は、上式(17)をみたす同期化回路となる。

【0037】パラメータとして、インダクタンス21、23の値を L_0 、10、キャパシタンス3の容量を C_0 、負のインダクタンス4の値を $-m$ 、抵抗1の $r_0 + r_2 l^2$ について、 $L_0 = 7 \times 10^{-2} \text{H}$ 、 $l = 7 \times 10^{-2} \text{H}$ 、 $m = 6 \times 1$

20 0^{-2}H 、 $C_0 = 200 \mu \text{F}$ 、 $r_0 = 10 \text{オーム}$ 、 $r_2 = 3.333 \times 10^2 \text{オーム/A}^2$ を採用すると、基準振動数は $\omega_0 = 500 \text{rad/sec}$ で、 $g_{11} = g_{22} = g_{12} = g_{21} = 0$ 、3、 $\varepsilon = 1$ となる。

【0038】この場合の同期化の例を、図2に示す。その結果、任意の異なる始状態でスタート($t = 0$)した二つの発振回路の電流振動が、 $t \sim 15$ (単位0.002sec)で同期していることが確認できた。

【0039】【実施例2】図3に示すように、3個の発振回路を相互インダクタンスが負となる相互誘導コイルで連結させると、式(17)を満たす同期化回路になる。

【0040】パラメータとして、 $L_0 = 2 \times 10^{-2} \text{H}$ 、 $l = 6 \times 10^{-2} \text{H}$ 、 $m = 6 \times 10^{-2} \text{H}$ 、 $L_1 = 8 \times 10^{-2} \text{H}$ 、 $C_0 = 200 \mu \text{F}$ 、 $r_0 = 10 \text{オーム}$ 、 $r_2 = 3.333 \times 10^2 \text{オーム/A}^2$ を用いると基準振動数は、 $\omega_0 = 500 \text{rad/sec}$ で、 $g_{11} = g_{22} = g_{33} = g_{12} = g_{23} = 0$ 、3、 $g_{31} = 0$ 、 $\varepsilon = 1$ となる。但し、 L_1 は図3の両端の発振回路のインダクタンス22-1、22-2の値である。

【0041】ここで、両端の回路が中央の回路とは異なる点を補正するためとする。この場合の同期化の例を図4に示す。その結果、任意の異なる始状態でスタート($t = 0$)した三つの発振回路の電流振動が、ほぼ時間20(単位0.002sec)で同期していることが確認できた。

【0042】【実施例3】図5に示すように、3個の発振回路を相互インダクタンスが負となる相互誘導コイルで連結させると、式(17)を満たす同期化回路となる。図5を参照すると、アレイ周辺の一端の発振回路は、他端の発振回路と負の相互インダクタンスの相互誘導コイル23-1、23-2で連結されている。

【0043】パラメータとして $L_0 = 2 \times 10^{-2} \text{H}$, $l = 6 \times 10^{-2} \text{H}$, $m = 6 \times 10^{-2} \text{H}$, $C_0 = 200 \mu\text{F}$, $r_0 = 10 \text{オーム}$, $r_2 = 3.333 \times 10^2 \text{オーム/A}^2$ を用いると基準振動数は、 $\omega_0 = 500 \text{rad/sec}$ で、 $g_{11} = g_{22} = g_{33} = g_{12} = g_{23} = g_{31} = 0.3$, $\epsilon = 1$ となる。

【0044】この場合、全ての回路が対等となり、前記実施例 2 で行なったような両端の補正は必要ない。本実施例の同期化の例を、図 6 に示す。その結果、任意の異なる始状態でスタート ($t = 0$) した三つの発振回路の電流振動が、 $t \sim 1.5$ (単位 0.002sec) で同期していることが確認できた。

【0045】【実施例 4】本発明のさらに別の実施例として、発振回路を 9 個、相互インダクタンスが負となる相互誘導コイルで連結した回路を図 7 に示す。

【0046】この回路が、式 (17) を満たす同期化回路となるには、両端の発振回路を、前記実施例 3 のようにに連結するか、もしくは前記実施例 2 のように、両端の補正が必要となる。この場合補正として、同期した際には個々の回路内の電流値を同じにする自己インダクタンスの値を選ぶ。

【0047】なお、上記実施例では、結合因子としてインダクタンス効果を用いたが、場合によってはキャパシタンス効果を用いることができる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、全体システムが複数のサブシステムの集合によって構成され、サブシステム間の同期を形成する場合において、各発振システムの同期現象を自動的に実現でき、全体システムを自発的に同調させることができるので、従来の

強制的同期調整方法から解放することができる。例えば集積回路の例について本発明を適用した場合、オンチップでのクロック信号発生、回路要素パラメータの不均一性、部分的損傷などに対する、自発的クロック信号の高ロバスト性を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例の回路構成を示す図である

【図 2】本発明の第 1 の実施例の同期結果を示す信号波形図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施例の回路構成を示す図である

【図 4】本発明の第 2 の実施例の同期結果を示す信号波形図である。

【図 5】本発明の第 3 の実施例の回路構成を示す図である

【図 6】本発明の第 3 の実施例の同期結果を示す信号波形図である。

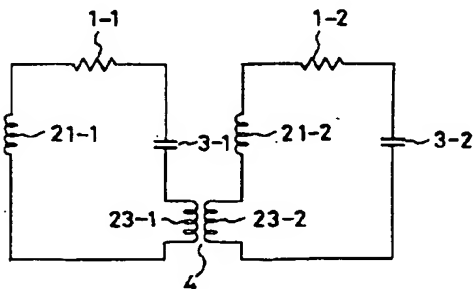
【図 7】本発明の第 4 の実施例の回路構成を示す図である。

【図 8】van der Pol 方程式で記述できる基本発振回路の構成を示す図である。

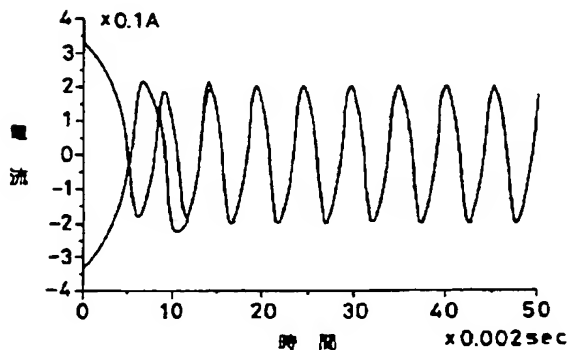
【符号の説明】

- 1 $R(1)$: 負性抵抗
- 21 自己誘導インダクタンス
- 22 自己誘導インダクタンス
- 23 自己誘導インダクタンス
- 3 キャパシタンス
- 4 負相互誘導インダクタンス

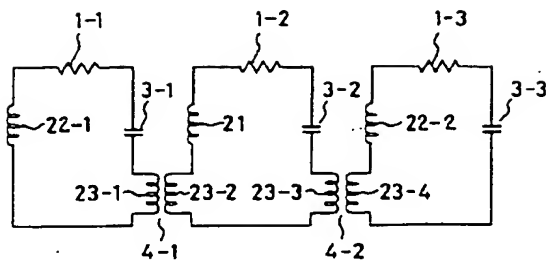
【図 1】



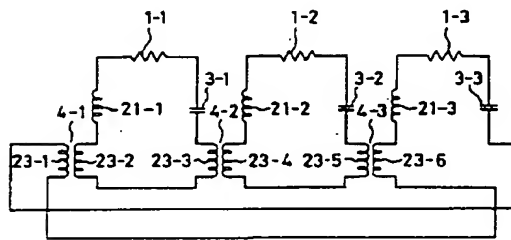
【図 2】



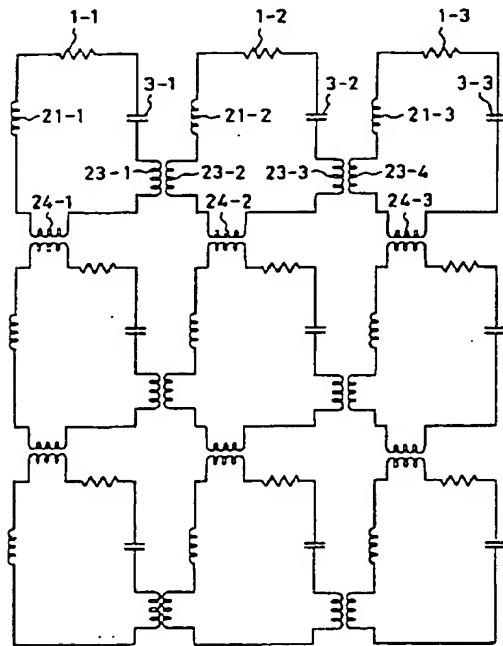
【図3】



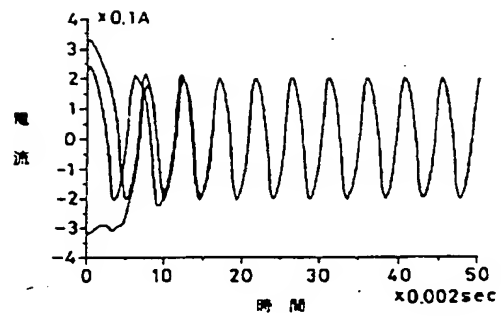
【図5】



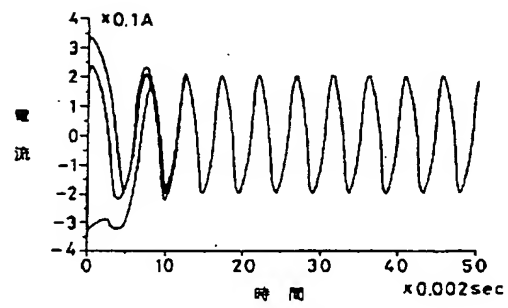
【図7】



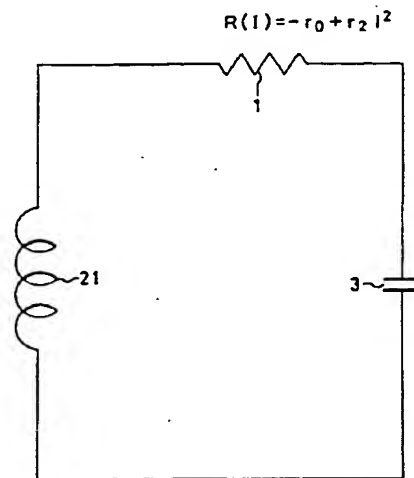
【図4】



【図6】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.